مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ١٤/ شماره ١/سال ١٣٩٢/ص ٤٤-٣٣

بررسی شرایط بهینه بسته‌بندی کاهو (*Lactuca sativa* L.) در اتمسفر اصلاح شده به منظور افزایش زمان ماندگاری

ابراهیم گنابادی، زهره حمیدی‌اصفهانی* و محمدحسین عزیزی**

* نگارنده مسئول، نشانی: تهران، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ص. پ. ۳۳۶-۱۴۱۱۵، تلفن: ۴۸۲۹۲۴۷۴(۰۲۱)، پیام‌نگار: hamidy_z@modares.ac.ir

** به‌ترتیب: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد؛ و دانشیاران گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت:۹۰/۶/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۹

چکیده

نگهداری مواد غذایی همواره ذهن بشر را به خود مشغول کرده است به طوری که طی سالیان دراز روش‌های متعدد را به منظور حفظ نیازمندی‌های خود به کار گرفته یا ابداع کرده است که می‌توان به استفاده از انبار سرد، پوشش‌های پلاستیکی و اتمسفر اصلاح شده اشاره کرد. در این پژوهش، اثر بسته‌بندی کاهوی پیچ معمول (رقم Romain)، در اتمسفر اصلاح شده با میزان اکسیژن بالا: G1 (٤٠ درصد اکسیژن + ١٥درصد دی‌اکسید کربن +٤٥ درصد نیتروژن)؛ G2 (٧٠ درصد اکسیژن + ١٥ درصد دی‌اکسید کربن+ ١٥ درصد نیتروژن)؛ و G3 (١٠٠ درصد اکسیژن) در پوشش پلی‌اتیلنی با دو ضخامت ٥٠ و ٤٠ میکرومتر (به ترتیب P1 و P2) در دمای ٤ درجه سلسیوس و به مدت ١٦ روز آزمایش، و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژی آن بررسی شد. کمترین میزان آلودگی از نظر بار میکروبی کل و نیز از نظر کپک و مخمر در نمونه با ترکیب گازی G3 و پوشش پلی‌اتیلنی با ضخامت ٥٠ میکرومتر دیده شد. همین نمونه از نظر pH و رنگ نیز در بهترین وضعیت قرار داشت. بیشترین درصد کاهش وزن مربوط به ترکیب گازی G3 و پوشش پلی‌اتیلنی با ضخامت ٤٠ میکرومتر به دست آمد. در همین ترکیب گازی و ضخامت پوشش، درصد مادهٔ جامد انحلال‌پذیر بیشترین کاهش را نشان داد. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت ترکیب گازی G3 و پوشش P1 مؤثرترین تیمارها در نگهداری کاهو بودند و در این شرایط می‌توان کاهو را تا دو هفته به خوبی نگهداری کرد.

واژه‌های کلیدی

اتمسفر اصلاح شده، بسته‌بندی، پوشش پلی‌اتیلن، کاهو، مدت نگهداری

مقدمه

نیاز به سبزی‌های تازه باعث افزایش در تنوع محصول برای مصرف‌کننده شده است (Nguz *et al.*, 2005). در این بین تلاش‌های زیادی برای بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته (MAP)[1] جهت افزایش ماندگاری سبزی‌ها صورت گرفته که می‌توان به بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته با مقادیر اکسیژن کم یا زیاد اشاره کرد.

حمیدی‌اصفهانی و تاج‌الدین (Hamidi-Esfahani & Tajeddin, 1996) فاکتورهای مؤثر بر کیفیت محصول در بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته (MAP) را تنفس محصول، رطوبت نسبی، دما، غلظت‌های مناسب دی‌اکسید کربن (CO_2) و اکسیژن (O_2)، فرایندهای مقدماتی حداقل و فیلم‌های بسته‌بندی با ویژگی‌های مناسب دانستند. اتمسفر اصلاح شده

1 - Modified Atmosphere Packaging

با ۵-۳ درصد اکسیژن و ۱۰-۳ درصد دی‌اکسید کربن در کنار انتخاب یک فیلم بسته‌بندی با تراوایی مناسب در برابر اکسیژن و دی‌اکسید کربن در این نوع بسته‌بندی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد (Jacxsens *et al.*, 2001). به علت فعالیت‌های فیزیولوژیک سبزی‌های خرد شدهٔ تازه، اتمسفر تغییریافته دارای اکسیژن کم و دی‌اکسید کربن نسبتاً زیاد روی محصول مؤثر است. این شرایط، فساد را با کاهش دادن سرعت تنفس و پایین آوردن رشد میکروبی کاهش می‌دهد (Conesa *et al.*, 2007a).

جهت بالا نگه داشتن کیفیت فلفل سبز در بسته‌بندی MAP سطوحی حدود ۳ کیلو پاسکال اکسیژن در ترکیب با ۱۰-۵ کیلو پاسکال دی‌اکسید کربن و دمای ۵-۰ درجه سلسیوس توصیه شده است (Gorny, 1997). اما به علت تنفس طبیعی محصولات تازه ممکن است در شرایط نگهداری در دمای بالاتر شرایط بی‌هوازی (۲درصد> اکسیژن) و (۲۰ درصد < دی‌اکسید کربن) در بسته ایجاد شود که باعث ایجاد تغییراتی مخرب در محصول بسته‌بندی شده خواهد شد و این تغییرات به طور اجتناب‌ناپذیر در خرده‌فروشی‌ها اتفاق می‌افتد. لذا برای فائق آمدن بر این مشکلات، تحقیقات روی بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده با مقادیر اکسیژن بالا به منظور نگهداری سبزی‌ها با موفقیت‌هایی همراه بوده است. در سبزی‌های تازه برای افزایش کیفیت خواص میکروبی و حسی، اتمسفری با سطوح بالاتر از ۷۰ درصد اکسیژن برای بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) پیشنهاد شده است (Jacxsens *et al.*, 2001). استفاده از مخلوط گاز با اکسیژن بالا بین ۸۵-۸۰ درصد در ترکیب با ۲۰-۱۵ درصد دی‌اکسید کربن جهت بسته‌بندی سبزی‌ها توصیه می‌شود زیرا افزایش کیفیت حسی و میکروبی را برای محدوده‌ای وسیع از سبزی‌ها به همراه آورده و همچنین در جلوگیری از کاهش رنگ حاصل از فعالیت آنزیمی پلی‌فنل اکسیداز تأثیراتی مثبت گذاشته است (Heimdal *et al.*, 1995; Day, 1996a; Wszelaki & Mitcham, 2000; Jacxsens *et al.*, 2001).

به کار بردن اکسیژن بالاتر از ۷۰ درصد می‌تواند بر معایب اکسیژن پایین جهت بسته‌بندی سبزی‌ها، در خصوص تغییر رنگ آنزیمی و تخمیر بی‌هوازی فائق آید (Day , 1996b, 2000, 2001). از دیگر تأثیرات اثبات شده غلظت‌های بالای اکسیژن می‌توان به افزایش زمان فاز تاخیر در دوره رشد میکروبی اشاره کرد (Amanatidou *et al.*, 1999). همچنین سطوح بالای اکسیژن بر فعالیت‌های درون سلولی ریزاندامگان با گونه‌های مختلف رادیکالی خود (ROS^o , O^o , HO^o) تأثیر می‌گذارد، به ترکیبات مهم حیاتی سلول آسیب می‌رساند، و باعث کاهش توان زنده ماندن سلول در شرایط تنش (استرس) اکسیداتیو می‌شود (Kader & Ben- Yehoshua, 2000).

اثر شرایط اتمسفر با اکسیژن بالا زمانی بهتر می‌شود که در ترکیب با ۲۰-۱۰ کیلو پاسکال دی‌اکسید کربن باشد که در این حالت ممکن است از رشد میکروبی جلوگیری و باعث افزایش ماندگاری در سبزی‌ها شود (Conesa *et al.*, 2007b). با وجود این تفاسیر، به دلیل بی‌اطلاع بودن از ساز و کارهای بیولوژیکی شامل بازداری از رشد میکروبی، ممانعت از قهوه‌ای شدن آنزیمی و اثر آن بر تنفس همچنین اثر ناشناختهٔ آن بر کیفیت مواد مغذی میوه‌ها و سبزی‌های بسته‌بندی شده، اتمسفر اصلاح شده با اکسیژن بالا هنوز به طور کامل تجاری نشده است.

هدف این تحقیق، مطالعهٔ اثر سطوح بالای اکسیژن و دی‌اکسید کربن روی تعداد میکروب، پهاش، رنگ، درصد کاهش وزن و درصد مادهٔ جامد انحلال‌پذیر کاهوی خرد شده در دمای ۴ درجه سلسیوس و برای ۱۶ روز بوده است.

مواد و روش‌ها

کاهوی پیچ معمولی مورد استفاده قرار گرفت (*Lactuca sativa* var. *longifolia*). نمونه‌های مورد نیاز جهت آزمایش از میدان‌های تره‌بار سطح شهر تهران و در زمان کمتر از ۵ ساعت پس از برداشت خریداری شد. معیار انتخاب بوته‌ها حجم، سفتی و نداشتن آفت‌زدگی برگ‌های بوتهٔ کاهو در نظر گرفته شد. برگ‌های کثیف و خراب سطح بوته‌ها جدا و باقیمانده در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شد.

آماده کردن نمونه

در آزمایشگاه با تیغهٔ فلزی مخصوص برش سبزی‌ها، بوته‌های کاهو از فاصلهٔ ۴ سانتی‌متری از سر برگ‌ها و ۵ سانتی‌متری از انتهای کاهو برش داده شدند و قسمت میانی جهت آزمایش انتخاب شد و این قسمت هم متعاقباً به فواصل ۲ سانتی‌متری برش خورد تا به صورت خرد شده درآید. این کاهو به مدت ۳ دقیقه با آب مصرفی معمولی (۲۵- ۲۰ درجه سلسیوس) شسته شد. کاهوی شسته شده به مدت ۱۵ دقیقه با محلول ۱/۵ میلی‌لیتر بنزالکونیوم‌کلرید ۱۰ درصد در چهار لیتر آب (محلول ضدعفونی) تیمار شده و مجددا ۲ دقیقه آبکشی شد. بعد از این مرحله، کاهوها جهت افزایش استحکام بافت به مدت یک دقیقه تحت تیمار ۵۰ میلی‌مول کلسیم در آب مقطر ۷ درجه سلسیوس قرار داده شد و در انتها برای تبخیر آب سطحی آن‌ها از آون تحت خلأ با فشار مطلق و دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت استفاده شد.

فیلم بسته‌بندی

پوشش مورد استفاده از جنس پلی‌اتیلن با دو ضخامت ۴۰ و ۵۰ میکرومتر انتخاب شد. میزان نفوذپذیری به اکسیژن برای فیلم ۴۰ و ۵۰ میکرومتر به ترتیب ۳۱/۲۵ و ۲۳/۵ پیکومول بر (ثانیه. مترمربع. پاسکال) و برای دی‌اکسید کربن به ترتیب ۱۰۹/۲۵ و ۸۲/۲ پیکومول بر (ثانیه. مترمربع. پاسکال) است (Ding *et al.*, 2002).

بسته‌ها در اندازه ۲۰×۳۲ سانتی‌متر تهیه و قبل از بسته‌بندی به مدت ۳۰ دقیقه با UV استریل شدند.

P1: فیلم با ضخامت ۵۰ میکرومتر P2: فیلم با ضخامت ۴۰ میکرومتر

شرایط اتمسفریک و بسته‌بندی:

از دستگاه بسته‌بندی در خلأ مدل A۲۰۰ هنکلمن ساخت کشور هلند برای بسته‌بندی کاهوها تحت اتمسفر اصلاح شده استفاده شد. سه نوع گاز از ترکیب اکسیژن، دی‌اکسید کربن و نیتروژن برای فضای درون بسته‌ها به کار گرفته شد:

ترکیب اتمسفری G1: ۴۰ درصد اکسیژن + ۱۵درصد دی‌اکسید کربن + ۴۵ درصد نیتروژن

ترکیب اتمسفری G2: ۷۰ درصد اکسیژن + ۱۵درصد دی‌اکسید کربن + ۱۵ درصد نیتروژن

ترکیب اتمسفری G3: ۱۰۰ درصد اکسیژن

بعد از اعمال تیمار گازی، نمونه‌ها تا ۱۶ روز پس از بسته‌بندی در روزهای صفر، هشتم، دهم، دوازدهم، چهاردهم و شانزدهم از نظر میکروبی، درصد کاهش وزن، ماده جامد انحلال‌پذیر، pH، رنگ، و بافت بررسی شدند.

ریزاندامگان (میکروارگانیسم‌ها)

یک گرم از نمونه کاهوی درون بسته, در شرایط سترون به ظرف منتقل شده و سپس با میلهٔ شیشه‌ای سترون در کنار شعله خرد و با ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول سرم فیزیولوژیک به حالت مخلوط درآورده شد. این مخلوط رقیق‌سازی و از رقت‌های مورد نظر برای شمارش کلی ریزاندامگان روی محیط پلیت کانت آگار (PCA) (مرک[1]- آلمان) و شمارش کپک و مخمر روی محیط سیب‌زمینی دکستروز آگار(PDA) (مرک آلمان) استفاده شد (Ahn *et al.*, 2005; Ayhan *et al.*, 2007; Karim, 2008; Saxena *et al.*, 2008).

1 - MERK

اندازه‌گیری pH

نمونه‌ها با استفاده از آسیاب برقی همگن و مخلوط ۱۰ درصد کاهوی خرد شده با آب مقطر تهیه و به مدت ۵ دقیقه رها شد. الکترود pH داخل این مخلوط قرار گرفت و pH قرائت شد (Das *et al.*, 2004; Ayhan *et al.*, 2007).

اندازه‌گیری رنگ

رنگ با دستگاه هانترلب اندازه‌گیری شد دستگاه با دو صفحهٔ استاندارد سفید و سیاه کالیبره شد. نمونه‌ها قبل از بررسی، در آسیاب خرد و به صورت همگن درآمدند. داده‌ها با سه شاخص L*، a*، و b* بیان شد. با قرار گرفتن این شاخص‌ها در رابطهٔ ۱:

$$BI=100(X-0.31)/0.17 \quad (1)$$ [1]

$$X=(a^*)+1.75(L^*) / 5.645(L^*)+(a^*)-3.012(b^*)$$

عدد نهایی فاکتور قهوه‌ای شدن به دست می‌آید (Maskan, 2001).

اندازه‌گیری درصد کاهش وزن

بسته‌ها پس از آماده شدن با ترازوی دیجیتالی به دقت تا ۲ رقم اعشار توزین شدند و طی دورهٔ بررسی مورد توزین مجدد قرار گرفتند، اختلاف وزن ثبت شد (Srilaong *et al.*, 2002; Fakharian *et al.*, 2008).

اندازه‌گیری درصد ماده جامد انحلال‌پذیر

پس از آبگیری از پنج گرم از هر نمونهٔ داخل بسته، با استفاده از دستگاه رفرکتومتر درصد ماده جامد انحلال‌پذیر آن در دمای ۳۰ درجه سلسیوس ثبت شد (Ayhan *et al.*, 2007; Fakharian *et al.*, 2008).

روش تجزیه و تحلیل آماری

تأثیر شرایط بسته‌بندی بر کیفیت کاهو در دو تیمار پوشش پلی‌اتیلنی با ضخامت ۵۰ و ۴۰ میکرومتر و سه تیمار گازی ۴۰ درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسید کربن + ۴۵ درصد نیتروژن، ۷۰ درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسید کربن + ۱۵ درصد نیتروژن، ۱۰۰درصد اکسیژن و در زمان‌های نگهداری (۰، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، و ۱۶ روز) با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و با نرم‌افزار SPSS 16 به دست آمد. رابطهٔ ۲ برای این منظور مورد استفاده قرار گرفت (Dunn & Clark, 1974).

$$Yij=\mu + \delta i + \delta j + \delta k + \delta ij + \delta ik + \delta jk + \varepsilon ijk \quad (2)$$

که در آن،

μ= میانگین نمونه‌ها، δi= اثر ضخامت پوشش، δj= اثر ترکیب گاز، δk= اثر زمان، δij=اثر متقابل ضخامت پوشش و ترکیب گاز، δik= اثر متقابل ضخامت پوشش و زمان، δjk= اثر متقابل ترکیب گاز و زمان و εijk= اثر متقابل سه‌گانه ضخامت پوشش×ترکیب گازی ×مدت نگهداری است.

نتایج و بحث

شمارش کلی ریزاندامگان

در جدول ۱ مشاهده می‌شود که کلیهٔ کاهوهای بسته‌بندی شده با اتمسفر تغییریافته (در شرایط مختلف ترکیب گازی و ضخامت) در دهمین روز نگهداری کمترین ریزاندامگان را داشته‌اند. این جدول همچنین نشان می‌دهد که کاهوهای بسته‌بندی شده در پوشش ضخیم‌تر (P1) با شرایط یکسان از نظر ترکیب گازی بهتر از کاهوی بسته‌بندی شده با پوشش نازک‌تر(P2) بوده و کمتر در معرض فساد ریزاندامگان قرار گرفته‌اند.

1 - BI= Browning Index

جدول ۱- تعداد کلی ریزاندامگان در بسته‌بندی و ترکیب‌های گازی[1] متفاوت در طول زمان

ضخامت	گاز	روز صفر	روز هشتم	روز دهم	روز دوازدهم	روز چهاردهم	روز شانزدهم
۵۰ میکرومتر	G1	۰a	۲ab	۲ab	۵bcd	۳۴j	۱۳۰m
	G2	۰a	۱۳gh	۱۱fgh	۱۵h	۳۸j	۲۵۸n
	G3	۰a	۱۰efg	۱a	۴abcd	۶cde	۱۱fgh
۴۰ میکرومتر	G1	۰a	۱abc	۰a	۴abc	۴۵k	۲۶۹o
	G2	۰a	۱۴h	۸def	۱۹i	۵۴l	nd
	G3	۰a	۱۴h	۶cde	۲۲i	۵۴l	nd

[1] ترکیب اتمسفری G1: (۴۰ درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسید کربن + ۴۵ درصد نیتروژن)؛ G2: (۷۰ درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسید کربن + ۱۵ درصد نیتروژن)؛ G3: (۱۰۰ درصد اکسیژن). حروف انگلیسی متفاوت در ستون افقی نمایانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در جدول است. nd: غیر قابل شمارش

شمارش پرگنه کپک و مخمر

در جدول ۲ باز هم اثر بازدارندگی اکسیژن بالا روی رشد کپک و مخمر دیده می‌شود که ناشی از اثر شکل‌های فعال O_2 روی رشد این ریزاندامگان است. ولی در تیمارهای با ترکیب گازی مشابه اما دارای پوشش با ضخامت ۴۰ میکرومتر وضعیت کاملا عکس است و به دلیل خروج سریع دی‌اکسید کربن و ناپایداری بیشتر اتمسفر داخل بسته، آلودگی میکروبی با سرعت بسیار بالایی نمونه‌ها را تخریب کرده است. وزلاکی و میتچام (Wszelaki & Mitcham, 2000) دریافتند میزان رشد *باسیلوس سینرآ (B. cinerea)* در اتمسفر دارای ۱۰۰ درصد اکسیژن در مقایسه با اتمسفر استاندارد در روز چهاردهم حدودا نصف بود. همچنین دی (Day, 2001) نشان داد که میزان بالای اکسیژن بر کل ریزاندامگان‌های هوازی و بی‌هوازی، کپک و مخمر، گونه‌های سودومناس، انتروباکتریاسه و کلیفرم‌ها اثری بازدارنده دارد.

جدول۲- میزان شمارش پرگنه‌های کپک و مخمر در بسته‌بندی و ترکیب گازی* متفاوت در طول زمان

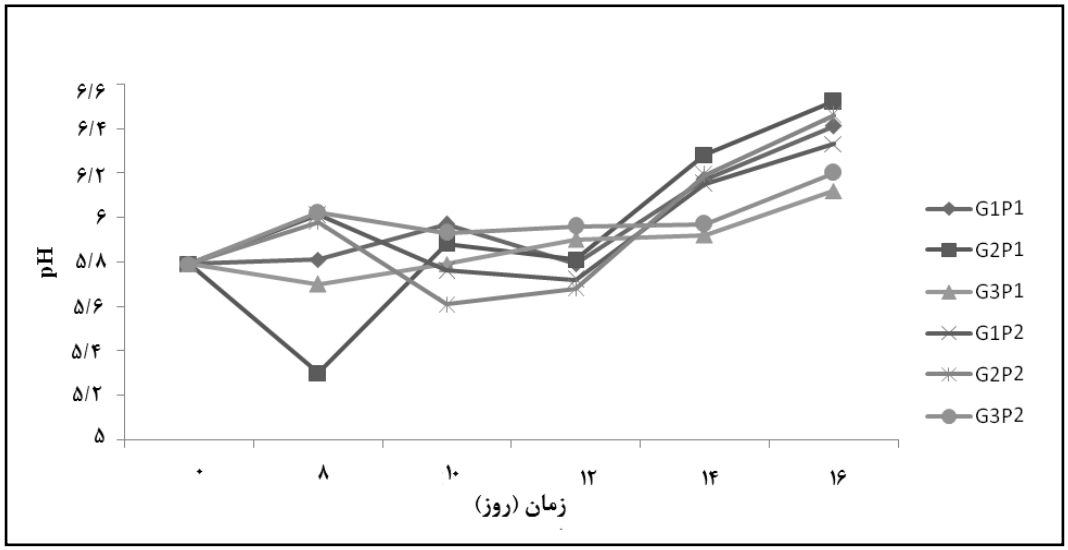
ضخامت	گاز	روز صفر	روز هشتم	روز دهم	روز دوازدهم	روز چهاردهم	روز شانزدهم
۵۰ میکرومتر	G1	۰a	۰.a	۱a	۳۵c	۵۸f	۱۲۰l
	G2	۰a	۱a	۲a	۴۸d	۷۱h	۲۰۰n
	G3	۰a	۰a	۰a	۰a	۰a	۳ab
۴۰ میکرومتر	G1	۰a	۰a	۱a	۵۳e	۶۳g	۱۳۸m
	G2	۰a	۱a	۲a	۵۷f	۸۴j	۲۸۹o
	G3	۰a	۰a	۵b	۷۶i	۹۷k	nd

* ترکیب اتمسفری G1: (۴۰ درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسید کربن + ۴۵ درصد نیتروژن)؛ G2: (۷۰ درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسید کربن + ۱۵ درصد نیتروژن)؛ G3: (۱۰۰ درصد اکسیژن). حروف انگلیسی متفاوت در ستون افقی نمایانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در جدول است. nd: غیر قابل شمارش

تغییرات میزان pH

بیشترین pH در نمونهٔ بستهبندی شده در پوشش پلیاتیلنی به ضخامت۵۰ میکرومتر و ترکیب گازی G2 در روز شانزدهم نگهداری دیده شد. به نظر میرسد خطای اندازهگیری این نمونه در روز هشتم زیاد است (شکل ۱).

کمترین تغییرات pH نسبت به نمونه تازه (اولین روز بستهبندی)، نمونهٔ با ترکیب گازی G3 و ضخامت پوشش پلیاتیلنی ۵۰ میکرومتر در روز نهایی است. در بستههای با اکسیژن بیشتر، pH پایینتر است و دلیل آن خروج کمتر دیاکسید کربن تولید شده در نتیجهٔ تنفس سلولها در این بستههاست. همچنین به نظر میرسد با کاهش دیاکسید کربن در روزهای پایانی در تمام نمونهها افزایشی در مقدار pH ایجاد شده است.



شکل ۱- میزان تغییرات pH کاهو در بستهبندی و ترکیب گازی متفاوت در طول زمان.

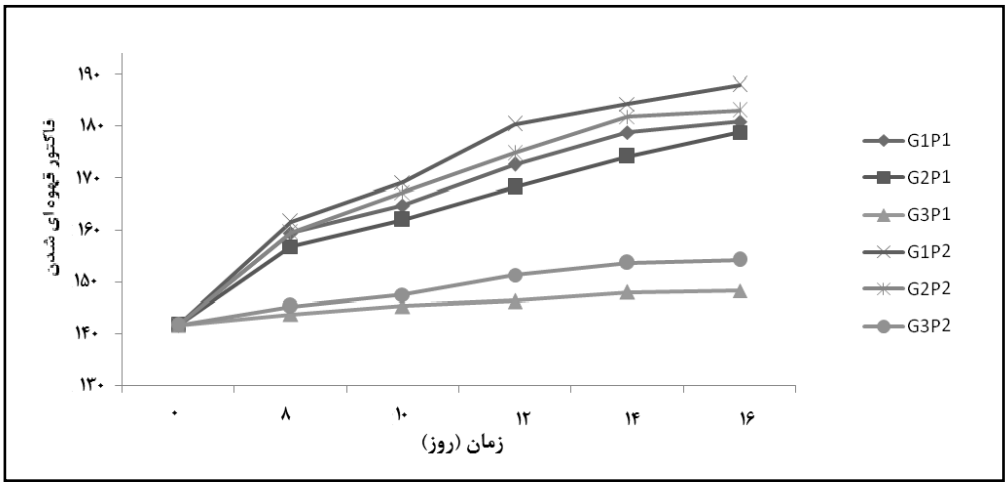
ترکیب اتمسفری G1: (٤٠ درصد اکسیژن + ١٥ درصد دیاکسید کربن + ٤٥ درصد نیتروژن)؛ G2: (٧٠ درصد اکسیژن + ١٥ درصد دیاکسید کربن + ١٥ درصد نیتروژن)؛ G3: (١٠٠ درصد اکسیژن)؛ P1: (فیلم با ضخامت ٥٠ میکرومتر) و P2: (فیلم با ضخامت ٤٠ میکرومتر)

تغییرات میزان رنگ

شکل ۲ نشان میدهد که بیشترین میزان قهوهای شدن بعد از شانزده روز مربوط به نمونه حاوی ترکیب گازی G1 با ضخامت پوشش ۴۰ میکرومتر (P_2) است. به نظر میرسد فعالیت آنزیمی گیاه در جهت کاهش کلروفیل بر اثر کلروفیلاز و افزایش فعالیت پلیفنل اکسیداز در این تغییر رنگ سهم عمدهای داشته است و این افزایش فعالیت آنزیمی با میزان اکسیژن موجود در بستهها رابطه عکس دارد (Fakharian *et al.*, 2008).

از جهت روند تغییرات رنگ، بررسیها نشان میدهد که در نمونه با ترکیب گازی G1 و G2 در ضخامت پوشش پلیاتیلنی ۴۰ میکرومتر (P2) افزایش رنگ با سرعت بیشتری صورت گرفته است.

از جهت ضخامت هم می‌توان اظهار کرد بیشترین تغییر رنگ در ضخامت پوشش پلی‌اتیلنی ۴۰ میکرومتر (P2) انجام شده و می‌توان گفت تراوایی بیشتر، باعث خروج بیشتر اکسیژن و بالطبع تغییرات بیشتر رنگ در نمونه‌ها می‌شود.



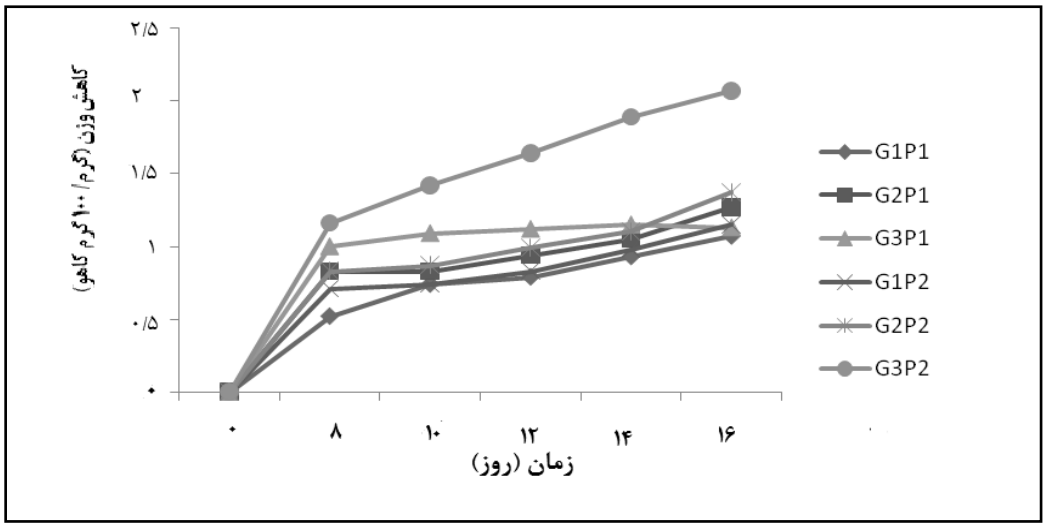
شکل ۲- میزان تغییرات رنگ کاهو در بسته‌بندی و ترکیب گازی متفاوت در طول زمان.

ترکیب اتمسفری G1: (۴۰ درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسید کربن + ۴۵ درصد نیتروژن)؛ G2: (۷۰ درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسید کربن + ۱۵ درصد نیتروژن)؛ G3: (۱۰۰ درصد اکسیژن)؛ P1: (فیلم با ضخامت ۵۰ میکرومتر) و P2: (فیلم با ضخامت ۴۰ میکرومتر)

میزان کاهش وزن

بر اساس شکل ۳، بیشترین مقدار افت وزن در نمونه گازی G3 و بسته‌بندی P2 اتفاق افتاده است. در بررسی مدت زمان نگهداری، مشخص می‌شود که در روز هشتم بیشترین افت وزن در نمونه‌های با درصد گازی G3 و بسته‌بندی شده در P2 وP1 ایجاد شده که دلیل آن شدت تنفس بیشتر در این دو بسته است. با گذشت زمان و کاهش میزان اکسیژن در بسته‌ها، از شدت این افت وزن کاسته می‌شود. در مقایسه بین دو فیلم در روز پایانی، وضعیتی بهتر در نمونه‌های بسته‌بندی شده با پوشش پلی‌اتیلنی ۵۰ میکرومتر دیده شد که حاصل تراوایی کمتر آن است.

چنانچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش زمان ماندگاری سرعت درصد افت وزن کاهش می‌یابد یا به عبارت دیگر سرعت بخار آب خروجی به خارج از بسته کاهش می‌یابد و بخار آب به وضعیت تعادلی خود نزدیک می‌شود.

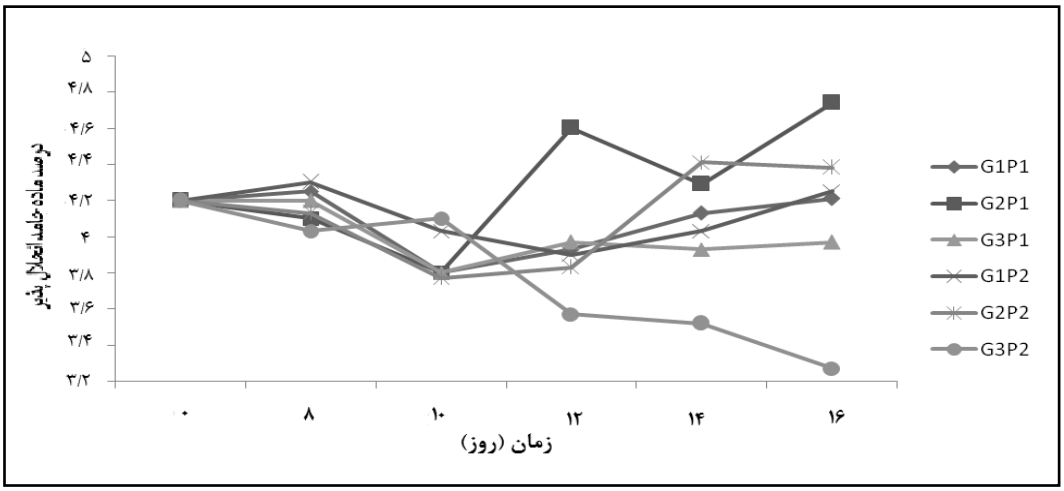


شکل ۳ - میزان کاهش وزن کاهو در بسته‌بندی و ترکیب گازی متفاوت در طول زمان.

ترکیب اتمسفری G1: (٤٠ درصد اکسیژن + ١٥ درصد دی‌اکسید کربن + ٤٥ درصد نیتروژن)؛ G2: (٧٠ درصد اکسیژن + ١٥ درصد دی‌اکسید کربن + ١٥ درصد نیتروژن)؛ G3: (١٠٠ درصد اکسیژن)؛ P1 (فیلم با ضخامت ٥٠ میکرومتر) و P2: (فیلم با ضخامت ٤٠ میکرومتر)

مقدار ماده جامد انحلال‌پذیر

با توجه به شکل ۴ می‌توان گفت که بیشترین کاهش در میزان مادهٔ جامد انحلال‌پذیر، در ترکیب گازی G3 دیده می‌شود. با مقایسه این ترکیب گازی در پوشش‌هایی با ضخامت‌های مختلف این نتیجه به دست می‌آید که ضخامت کمتر باعث افت بیشتر می‌شود. از آن‌جا که با افزایش میزان اکسیژن، میزان تنفس گیاه و در نتیجه سوخت و ساز و مصرف قندها افزایش می‌یابد، این کاهش توجیه‌پذیر است. با توجه به تراوایی کمتر بسته‌های دارای پوشش به ضخامت ۵۰ میکرومتر و خارج نشدن گاز دی‌اکسید کربن تولید شده، این گاز باعث کاهش میزان تنفس و در نتیجه کاهش مصرف قندها شده که در نهایت درصد مادهٔ جامد انحلال‌پذیر آن در سطح بالاتری قرار دارد. دلیل دیگر کاهش بیشتر وزن نمونه در ضخامت پوشش کمتر (۴۰ میکرومتر) را می‌توان آلودگی میکروبی بیشتر و مصرف بیشتر قندها و مواد جامد انحلال‌پذیر توسط ریزاندامگان دانست. کمترین تغییرات مربوط به ترکیب گازی G1 در هر دو ضخامت است. خطاهای اندازه‌گیری احتمالاً منجر به ایجاد نوسان در نتایج بررسی در بسته‌های دارای پوشش به ضخامت پوشش پلی‌اتیلنی ۵۰ میکرومتری (P1) با ترکیب گازی G2 شده است.



شکل ٤ – میزان تغییرات ماده جامد انحلال‌پذیر کاهو در بسته‌بندی و ترکیب گازی متفاوت در طول زمان.
ترکیب اتمسفری G1: (٤٠ درصد اکسیژن + ١٥ درصد دی‌اکسید کربن + ٤٥ درصد نیتروژن)؛ G2: (٧٠ درصد اکسیژن + ١٥ درصد دی‌اکسید کربن + ١٥ درصد نیتروژن)؛ G3: (١٠٠ درصد اکسیژن)؛ P1: (فیلم با ضخامت ٥٠ میکرومتر) و P2: (فیلم با ضخامت ٤٠ میکرومتر)

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر ماندگاری کاهو (Romain) با روش نگهداری در اتمسفر اصلاح شده با ترکیب گازی G1 (۴۰ درصد اکسیژن+۱۵ درصد دی‌اکسید کربن+۴۵ درصد نیتروژن)؛ G2 (۷۰ درصد اکسیژن+۱۵ درصد دی‌اکسید کربن+۱۵ درصد نیتروژن)؛ G3 (۱۰۰ درصد اکسیژن) و در دو پوشش پلی‌اتیلنی با ضخامت‌های ۴۰ و ۵۰ میکرومتر برای ۱۶ روز ارزیابی شد.

- در بررسی کلیه تیمارها در روز شانزدهم نگهداری، از نظر شمارش کلی ریزاندامگان و پرگنه‌های کپک و مخمر، ترکیب گازی G3 و با ضخامت پوشش پلی‌اتیلنی ۵۰ میکرومتر کمترین و ترکیب گازی G3 با ضخامت پوشش پلی‌اتیلنی ۴۰ میکرومتر بیشترین آلودگی را نشان داد.
- کمترین تغییرات pH در طول مدت نگهداری، مربوط به ترکیب گازی G3 با ضخامت پوشش ۵۰ میکرون و بیشترین آن مربوط به نمونه G2 در ضخامت پوشش ۵۰ میکرون است.
- بررسی رنگ در آخرین روز بررسی نشان داد که کمترین تغییرات در نمونه G3 و در ضخامت پوشش ۵۰ میکرومتر ایجاد شده است. اما بیشترین تغییرات در جهت قهوه‌ای شدن در ترکیب گازی G1 با ضخامت پوشش ۴۰ میکرومتر به دست آمده است.
- در بررسی اثر تیمارهای مختلف بر درصد کاهش وزن دیده شد که بیشترین کاهش وزن در نمونه G3 و نمونه‌هایی بوده است که با پوشش‌های پلی‌اتیلنی به ضخامت ۴۰ میکرومتر بسته‌بندی شده‌اند. کمترین افت وزن مربوط به ترکیب گازی G1 و ضخامت پوشش ۵۰ میکرومتر است.
- در پایان زمان ماندگاری، بیشترین کاهش در مواد جامد انحلال‌پذیر در نمونه‌های با ترکیب گازی G3 و ضخامت پوشش ۴۰ میکرومتر و کمترین آن در نمونه‌هایی با ترکیب گازی G2 در ضخامت پوشش ۵۰ میکرومتر دیده شد.

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، ترکیب گازی G3 و پوشش‌های دارای ضخامت ۵۰ میکرومتر، به دلیل کمترین تغییرات در رنگ و pH و کمترین میزان آلودگی، مناسب‌ترین حالت نگهداری کاهو پیشنهاد می‌شود. با این روش می‌توان کاهو را به مدت ۱۶ روز به خوبی نگهداری کرد.

مراجع

Ahn, H. J., Kim, J. H., Kim, J. K., Kim, D. H., Yook, H. S. and Byun M. W. 2005. Combined effects of irradiation and modified atmosphere packaging on minimally processed Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). Food. Chem. 89(4): 589–597.

Amanatidou, A., Smid, E. J. and Gorris, L. G. M. 1999. Effect of elevated oxygen and carbon dioxide on the surface growth of vegetable- associated micro-organisms. J. Appl. Microbiol. 86(3): 429–438.

Ayhan, Z., Esturk, O. and Tas, E. 2008. Effect of modified atmosphere packaging on the quality and shelf-life of minimally processed carrots. Turk. J. Agric. For. 32(1): 57-64.

Conesa, A., Artes-Hernandez, F., Geysen, S., Nicolai, B. and Artes, F. 2007a. High oxygen combined with high carbon dioxide improves microbial and sensory quality of fresh-cut peppers. Postharvest. Biol. Technol. 43(2): 230–237.

Conesa, A., Verlinden, B. E., Artes-Hernandez, F., Nicolai, B. and Artes, F. 2007b. Respiration rates of fresh-cut bell peppers under supertamospheric and low oxygen with or without high carbon dioxide. Postharvest. Biol. Technol. 45(1): 81–88.

Das, E., Gurakan, C. and Bayindirl, A. 2004. Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of *Salmonella Enteritidis* on cherry tomatoes. M. Sc. Thesis. Middle East Technical University. Department of Food Engineering. Ankara. Turkey.

Day, B. P. F. 1996a. Novel MAP for fresh prepared produce. Eur. Food Drink Rev. 1, 73–80.

Day, B. P. F. 1996b. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. Postharvest News Info. 7(3): 31–34.

Day, B. P. F. 2000. Novel MAP for freshly prepared fruit and vegetable products. Postharvest News Info. 11, 27–31.

Day, B. P. F. 2001. Fresh Prepared Produce: GMP for High Oxygen MAP and Non-Sulphite Dipping. Guideline. No. 31. Campden and Chorleywood Food Research Association Group. Chipping Campden. Gloshister. UK.

Ding, C. K., Chachin, K., Ueda, Y., Imahori, Y. and Wang C. Y. 2002. Modified atmosphere packaging maintains postharvest quality of loquat fruit. Postharvest. Biol. Technol. 24(3): 341–348.

Dunn, O. J. and Clark, V. A. 1974. Applied Statistics: Analysis of Variance and Regression. John Wiley & Sons Pub. New York.

Fakharian, N., Hassanpour-Asil, M. and Asgari, M. 2008. Effect of modified atmosphere packaging and cold storage on quality and quantity characteristes of two varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Iranian J. Food Sci. Technol. 5(1): 37-50. (in Farsi)

Gorny, J. 1997. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. Proceedings of the 7th International Controlled Atmosphere Research Conference on Fresh-Cut and Vegetables and MAP. July. 13-18. University of California. Department of Pomology. Davis. California. USA. 5, 30–66.

Hamidi-Esfahani, Z. and Tajeddin, B. 1996. Effectives factors on modified atmosphere packaging of fresh vegetable and fruits. Proceeding of the 8th National Iranian Conference of Food Industry. Karaj. Iran. (in Farsi)

Heimdal, H., Kuhn, B. F., Poll, L. and Larsen, L. M. 1995. Biochemical changes and sensory quality shredded and MA-packaged iceberg lettuce. J. Food Sci. 60(6): 1265–1268.

Jacxsens, L., Devlieghere, F., Van der Steen, C. and Debevere, J. 2001. Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce. Int. J. Food microbiol. 71(2): 197–210.

Kader, A. A. and Ben-Yehoshua, S. 2000. Effect of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. Postharvest Biol. Technol. 20(1): 1–13.

Karim, G. 1991. Microbiological Examination of Food. Tehran University Publication. Tehran. Iran. (in Farsi)

Maskan, M. 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. J. Food. Eng. 48(2): 169-175.

Nguz, K., Shindano, J., Samapundo, S. and Huyghebaert, A. 2005. Microbiological evaluation of fresh-cut organic vegetables produced in Zambia. Food Control. 16(7): 623-628.

Saxena, A., Bawa, A. S. Raju, P. S. 2008. Use of modified atmosphere packaging to extend shelf-life of minimally processed jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs. J. Food Eng. 87(4): 455-466.

Srilaong, V., Kanlayanarat, S. and Tatsumi, Y. 2002. Changes in commercial quality of ‘Rong-Rien’ rambutan in modified atmosphere packaging. Food Sci. Technol. Res. 8(4): 337–341.

Wszelaki, A. L. and Mitcham E. J. 2000. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. Postharvest Biol. Technol. 20(2): 125–133.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.14/No.1/2013/P:33-44*

Optimal Packaging Conditions to Prolong Shelf Life of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a Modified Atmosphere

E. Gonabadi, Z. Hamidi-Esfahani* and M. H. Azizi

* Corresponding Author: Associate professor, Tarbiat Modares University, P. O. Box: 14115-336, Tehran, Iran. E- mail: hamidy_z@modares.ac.ir
Received: 3 September 2011, Accepted: 30 December 2012

Food preservation has always been a concern for mankind. Different methods have been developed to preserve food for long periods, such as cold storage, plastic covers, and modified atmosphereThis study examined the physicochemical and biological effects of a modified atmosphere on packaged Romaine lettuce at three levels (G1: 40% oxygen, 15% carbon dioxide, 45% nitrogen; G2: 70% oxygen, 15% carbon dioxide, 15% nitrogen; G3: 100% oxygen). The lettuce was packaged in 40 µm (P1) or 50 µm (P2) thick polyethylene at 4°C and stored for 16 days. The least polluted sample was G3 using P2, as assessed by the total number of microorganisms, mold and yeast. This sample was also in the best condition, as measured by pH and color. The highest percentage of weight loss was for G3 and P1; it also showed the greatest decrease in the percentage of soluble solid materials. The results showed that G3 and P1 was the best combination to preserve packaged Romaine lettuce. This combination was effective for two weeks of preservation.

Keywords: Modified Atmosphere, Packaging, Polyethylene Cover, Preservation Time, Romaine Lettuce